

Les environnements communs de données (CDE) : définitions, historique et classification

Common data environments: Definitions, historical background and classification

Elodie Hochscheid^{1,2,*}, Conrad Boton¹, et Louis Rivest¹

¹École de technologie supérieure, 1100 Rue Notre Dame O, H3C 1K3, Montréal, Québec, Canada

²Laboratoire MAP-CRAI, UMR n° 3495 (CNRS/MC), 2 Rue Bastien-Lepage, 54000 Nancy, France

Résumé. Le *Building Information Modeling* (BIM) est une innovation qui regroupe un ensemble de méthodes, processus et outils de travail permettant d'alimenter et d'exploiter des informations d'un ouvrage bâti tout au long de son cycle de vie. Les CDE (*Common Data Environment*) sont des espaces numériques ou plateformes qui supportent les processus BIM. Ils offrent des ensembles de services numériques qui permettent de stocker, gérer et échanger des données de natures variées. Plusieurs initiatives récentes les positionnent au cœur du développement de l'interopérabilité dans les pratiques BIM en initiant la standardisation de leurs fonctionnalités. Dans cet article, nous revenons sur la notion de CDE et son origine ainsi que sur les initiatives récentes qui mettent en évidence les enjeux des CDE. Malgré leur standardisation en cours, notre recherche met en évidence leur grande diversité. Nous proposons une classification qui permet d'appréhender cette hétérogénéité plus facilement.

Mots clés. BIM, CDE, plateforme, interopérabilité, classification.

Abstract. Building Information Modeling (BIM) is an innovation that includes methods, processes and tools for facilitating information management throughout an asset's lifecycle. Common Data Environments (CDE) are digital spaces or platforms that support BIM processes. They provide a set of digital services for storing, managing and exchanging data of various types. Recent initiatives put them at the heart of BIM interoperability development by initiating the standardization of their functional requirements. In this paper, we review the concept of CDE and its historical background. We collected examples of recent initiatives that highlight current issues surrounding CDE. Despite their ongoing standardization, our research work highlights their great heterogeneity. We propose a classification to facilitate the understanding of this diversity.

Keywords. BIM, CDE, platform, interoperability, classification.

* Corresponding author: elodie.hochscheid.1@ens.etsmtl.ca

1 Introduction

Dans le secteur de la construction, de nombreux acteurs interviennent tout au long du cycle de vie d'un ouvrage. Chacun a des pratiques spécifiques à son métier, utilise des applications ainsi que des formats de fichier dédiés à sa discipline. Ainsi, l'hétérogénéité des informations échangées, des applications utilisées et la décentralisation des données de l'ouvrage constituent un important défi pour la conception, construction et gestion efficace des bâtiments et des infrastructures [1]. Le *Building Information Modeling* (BIM) adresse ce défi par un ensemble de méthodes, processus et outils de travail permettant d'alimenter et d'exploiter ces informations. Parmi le cadre BIM en cours de développement se trouvent les « environnements communs de données » (ou CDE - *Common Data Environment*). Ils sont définis comme un « espace de projet numérique commun » [2], une source d'information « unique » [3] ou « convenue » [4] qui permet la gestion des informations d'un ouvrage tout au long de son cycle de vie. Les travaux scientifiques qui adressent le sujet des CDE sont aujourd'hui encore rares.

Dans cet article, nous proposons dans une première partie de faire le point sur la terminologie de « CDE » telle qu'elle est aujourd'hui utilisée en vue de clarifier le concept qu'elle désigne. Dans une seconde partie, nous revenons de façon chronologique sur l'origine des CDE. Nous présentons également des initiatives politiques, scientifiques et industrielles récentes qui suggèrent que les CDE suscitent un intérêt croissant. En effet, plusieurs initiatives présentées tendent vers la standardisation des groupes de fonctionnalités que proposent ces plateformes. Pourtant, et malgré cette standardisation en cours, nous mettons en évidence dans une troisième partie la grande hétérogénéité des solutions de CDE. Nous proposons cinq catégories permettant de classer les modèles de CDE présentés dans la littérature scientifique et/ou proposés par des éditeurs de logiciel. Cette catégorisation a vocation à expliciter la nature de leurs différences et permet d'appréhender plus facilement leur hétérogénéité.

2 Qu'est-ce qu'un « CDE » ?

2.1 Environnements Communs de Données : positionnement et définitions

Les **environnements de travail BIM** ou « écosystèmes BIM » [5] incluent un **volet humain** et un **volet technique**. Le volet humain correspond à des processus et cadres de travail (ensemble d'activités régi par des normes et règlements). Leur mise en œuvre est supportée par un volet technique constitué d'applications métier (b sur fig. 1.) spécialisées pour certaines tâches liées à une discipline en particulier, et de services de coordination et de collaboration multidisciplinaire (a sur fig. 1.) qui permettent l'interopérabilité organisationnelle et technique des différents acteurs.

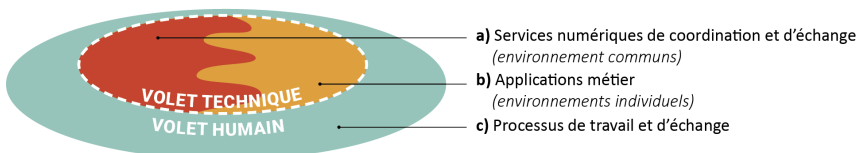


Figure 1. Représentation schématique d'un environnement de travail BIM.

Nous avons collecté plusieurs définitions d'« **environnement communs de données** » qui font aujourd'hui référence (voir tableau 1) en vue de clarifier l'usage actuel de ce terme. Ces définitions sont semblables : elles évoquent une « source d'information unique », un

« espace numérique commun » ou une « plateforme en ligne ». Un CDE est donc défini comme un service en ligne qui s’inscrit dans la logique du *cloud computing*. La notion d’ « environnement » commun, qui pourrait dans le langage courant avoir une définition très vaste et inclure des pratiques et processus de travail, a ici une portée restreinte : les CDE sont des outils, des applications, des plateformes. Ils sont positionnés uniquement sur le volet technique des environnements de travail BIM. Les définitions excluent également les applications métier de la notion « d’environnement commun » : les CDE se situent ainsi dans la partie « a » de la fig.1.

Succar et Poirier [6] distinguent trois types d’environnements dans les processus BIM: les **environnements de documents partagés**, les **environnements de modélisation fédérée**, et les **environnements de données intégrées**. Les définitions de CDE que nous avons collectées semblent intégrer ces trois types d’environnements à la fois, bien que certains auteurs leur attribuent plutôt le rôle d’environnement de documents partagés.

Tableau 1. Différentes définitions des CDE.

Définition de CDE	Référence
Source d’information unique pour un projet donné, utilisée pour collecter, gérer, et disséminer les documents pertinents approuvés pour des équipes multidisciplinaires dans un processus géré.	[3]
Source d’information unique pour un projet ou un actif donné pour collecter, gérer, et disséminer chaque conteneur d’information par un processus géré.	[4]
Espace numérique commun pour le projet qui fournit des zones d'accès bien définies pour les parties prenantes du projet, avec des définitions claires des statuts et une description solide du flux de travail pour les processus de partage et d'approbation. Les CDE sont un outil central de gestion des données.	[2]
Plateforme en ligne pour la gestion des processus et informations dans toutes les phases du cycle de vie d’un bâtiment.	[7]

La série de standards ISO 19650, qui décrit les principes de gestion des informations dans le cadre des processus BIM, nous donne des indications sur les attendus des CDE. Elle différencie deux types de modèles : le modèle d’information du projet (PIM – *Project Information Model*) qui correspond aux informations d’un bâtiment pendant les phases de montage d’opération, de projet et de construction; et le modèle d’informations de l’actif (AIM – *Asset Information Model*) qui correspond aux informations liées à l’exploitation et maintenance de l’ouvrage. Le standard précise que le PIM et l’AIM sont constitués de modèles graphiques, de documents et des données non graphiques. Les CDE ont donc vocation à gérer des documents de natures variées concernant différentes phases du cycle de vie d’un ouvrage.

2.2 CDE : une notion associée à différents concepts

Pour illustrer les définitions présentées en tableau 1, nous pouvons prendre pour exemple une plateforme souvent présentée comme un CDE dans la littérature scientifique [2,8] : BIM360. Récemment renommé *Autodesk Construction Cloud* [9], il s’agit d’un ensemble de services qui permettent aux logiciels de la suite Autodesk de publier ou d’utiliser des documents stockés sur le *cloud*. Il propose des services de gestion de documents, le support de coordination, le travail collaboratif synchrone ou la création de rapports sur les tâches du projet pour la gestion des flux de travail tout au long du cycle de vie des ouvrages [10]. BIM 360 comporte des liens vers des applications métier, de l’infrastructure, et une application centrale de gestion des données et documents appelée *BIM 360 docs* (renommée

Autodesk Docs [9]). Si c'est parfois l'ensemble de BIM 360 qui est appelé « CDE » [2,8], la dénomination de CDE est parfois utilisée uniquement pour désigner *Autodesk Docs* [9,11] qui correspond plutôt à la gestion documentaire de la plateforme BIM 360.

Le terme CDE désigne donc parfois un ensemble d'applications et d'infrastructure, ou simplement l'application permettant d'organiser et de structurer les documents. Puisqu'ils concernent en partie la gestion électronique de documents (GED), on peut se demander si une plateforme de gestion documentaire comme *Dropbox* ou *Onedrive* peut être considérée comme un CDE. Pour certains auteurs, oui, à condition que la manière de déposer des fichiers ait été convenue [12]. D'autres indiquent que non [13] car ce type de plateforme n'inclut pas des fonctionnalités distinctives du secteur de la construction comme la gestion du statut de maturité des documents (archivé, publié, partagé, en cours) définis dans les standards BIM. Ainsi parfois décrites comme des plateformes de gestion documentaire, les définitions actuelles des CDE suggèrent néanmoins que leurs fonctionnalités ne se limitent pas à cela et devraient intégrer des fonctionnalités spécifiques au domaine de la construction permettant le respect des normes en vigueur.

Ces exemples montrent que malgré l'existence de plusieurs définitions qui font référence dans le domaine du BIM, la dénomination de « CDE » est utilisée pour désigner des concepts différents par rapport à la nature des activités supportées, et aux fonctionnalités associées.

3 CDE : origines et perspectives

3.1 Aux origines des travaux sur les CDE

Le terme CDE est défini pour la première fois en 2007 [14] dans le BS 1192:2007 (*British Standards*), un code de pratique anglais pour la production collaborative d'informations sur l'architecture, l'ingénierie et la construction. Ce document a fait l'objet d'extensions, notamment dans la série de spécifications PAS 1192 (*Publicly Available Specifications*) [3] qui définit les principes de gestion de l'information dans les processus BIM. Il existe à ce jour peu d'articles scientifiques qui dédiés aux CDE. Un des premiers est réalisé par Preidel et al. [2] qui s'appuie sur les définitions proposées par la PAS 1192. Les BS et PAS ont à leur tour engendré la série de standards ISO 19650 en 2018 qui fait aujourd'hui référence et a depuis remplacé la plupart des autres standards BIM.

La même année, le groupe de travail BIM du gouvernement anglais produit un document définissant les exigences fonctionnelles d'un CDE pour la gestion des actifs (appelé « AIM-CDE » *Asset Information Management Common Data Environment*) [15]. Celui-ci doit faciliter au maître d'ouvrage et gestionnaire de patrimoine qu'est l'État l'utilisation de données des bâtiments publics.

En 2019, une norme allemande dédiée aux CDE voit le jour : la DIN SPEC 9139. C'est la première et seule norme à date qui concerne spécifiquement les CDE. Elle compte deux volets [7,16] et précise les fonctionnalités, protocoles et cas d'usage attendus pour des CDE compatibles avec l'ISO 19650. Elle définit aussi les échanges open data entre des plateformes de différents vendeurs [17]. La DIN comme l'ISO indiquent que les CDE doivent gérer des « conteneurs d'information » [4,7]. Aussi appelés ICDD (*Information Container for Document Delivery*), ils sont un modèle de données qui permet de localiser, lier et annoter avec des métadonnées des informations de différentes natures (2D, 3D, documents, données structurées, etc.) [16,18,19]. Les ICDD permettent de rassembler un contenu hétérogène dans un même « contenant » [19]. Les premiers travaux sur ces conteneurs multi-modèles datent du début des années 2010 et ont été réalisés par [20].

Ainsi, les conteneurs d'information s'imposent progressivement dans la définition des CDE et des processus BIM.

3.2 Des initiatives politiques, industrielles et scientifiques récentes

L'organisation *buildingSMART* International a produit en 2020 un prototype d'API (interface de programmation d'application) de CDE [21] intitulé *OpenCDE*, comme dans la DIN SPEC 91391 qui lui est antérieure. L'*OpenCDE* fait référence à l'*OpenBIM* dont le principe général est de favoriser une interopérabilité indépendante d'un éditeur donné. Un an plus tard, en 2021, *buildingSMART* France lance un groupe de travail dédié aux CDE [22]. Ce dernier a pour ambition de définir un référentiel à l'attention des éditeurs, prescripteurs et usagers en définissant des spécifications pour les CDE, à l'instar de la DIN-SPEC 9139. Ces initiatives vont dans le même sens : définir et préciser les attendus d'un CDE. La même année (2021), le gouvernement du Québec propose une feuille de route BIM qui identifie le déploiement des CDE comme une priorité : deux importants maîtres d'ouvrages publics vont en mettre en œuvre pour l'exploitation des actifs sur des projets d'envergure avant 2026 [23]. L'effervescence autour des CDE se retrouve également dans la communauté scientifique : la conférence CIB (*International Conference on Smart Built Environment*), une des principales conférences internationales dans le domaine des nouvelles technologies pour la construction, a proposé pour la première fois une session dédiée aux CDE dans son édition d'octobre 2021.

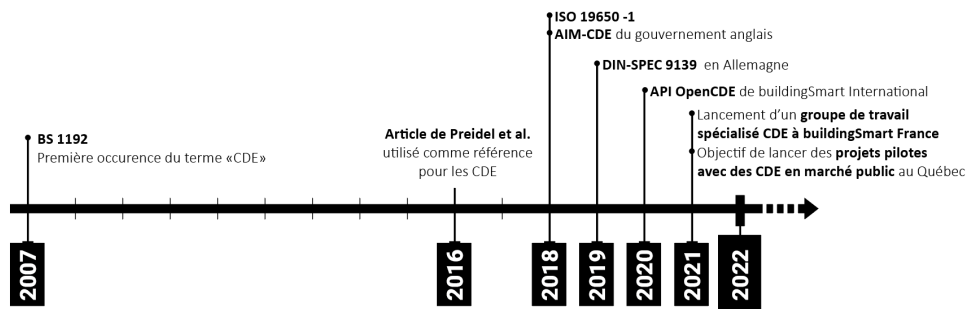


Figure 2. Synthèse graphique des dates importantes retenues de l'historique présenté.

Ces initiatives et leur chronologie (fig. 2.) montrent un intérêt grandissant pour les CDE. Elles mettent en évidence les enjeux qui activent leur développement et en dessinent des trajectoires probables. En effet, certains référentiels qui proposent des listes de fonctionnalités et des exigences fonctionnelles sont destinés aux maîtres d'ouvrages pour la sélection d'un CDE dans le cadre des projets en marché public. Certains choix technologiques se dessinent également, comme l'utilisation des conteneurs d'information.

4 Appréhender l'hétérogénéité des CDE : une proposition

4.1 Fonctionnalités des CDE et systèmes similaires

Les initiatives qui catégorisent des fonctionnalités référencées ou attendues des CDE sont à ce jour encore relativement rares. On retrouve néanmoins quelques travaux comme [1,8,16,17,24,25], tous très récents. Certains présentent des modèles de CDE assez différents mais arrivent néanmoins à des points de convergence concernant des

fonctionnalités « génériques » attendues des CDE. On retrouve le stockage et l'archivage de données, la gestion des accès, la gestion des flux de travail, la gestion des versions et statuts de documents, la recherche d'informations et leur visualisation (tableaux de bord, rapports), la communication (commentaires, *chat* en ligne), la gestion et vérification de la qualité des modèles, l'édition synchrone et/ou asynchrone de documents, la portabilité mobile, l'intégration d'applications externes, ou encore plus récemment la connexion avec des plateformes de jumeau numérique permettant d'exploiter des données issues de capteurs. Certains travaux identifient des fonctionnalités plus spécifiques à une phase du cycle de vie, comme Ozkan et Seyis [26] pour la phase de construction. Le modèle de ces auteurs se rapproche d'une application métier dédiée à la gestion d'un chantier de construction. Cet exemple intéressant interroge à la fois sur la capacité d'un système à supporter l'ensemble des phases du cycle de vie, et sur la frontière parfois fine entre CDE et application métier.

Nous avons identifié également des systèmes aux fonctionnalités proches de celles des CDE mais qui ne sont pas (ou peu) utilisées dans la construction. C'est le cas par exemple de la plateforme *3D-Experience* (3DX) proposée par Dassault systèmes [27]. Elle permet de gérer des données et les flux de travail, centralise l'accès vers des applications Dassault systèmes, propose des fonctionnalités de collaboration et communication, de modélisation, de simulation, et la gestion de données dans des projets de développement de produit. Bouygues construction, une grande entreprise française de la construction l'utilise dans ses projets [28]. 3DX intervient dans une démarche dite « PLM » (*Product Lifecycle Management*) qui permet de gérer les activités et flux d'information pendant toutes les phases du cycle de vie d'un produit [29]. C'est donc une démarche similaire au BIM qui est appliquée à d'autres industries comme l'automobile ou l'aéronautique. La gestion des données techniques y est supportée par un système de gestion de données techniques (SGDT) appelé également système PDM (*Product Data Management*) [29] voire système PLM. Celui-ci assure la cohérence entre l'ensemble des vues produites par l'ensemble des collaborateurs qui utilisent des outils différents et produisent des données de natures variées [30].

Enfin, on note que les fonctionnalités génériques présentées pour les CDE ne sont pas différentes de celles identifiées pour ce qui était appelé jusque-là des « plateformes collaboratives », « technologies BIM basées sur le cloud » ou des « systèmes de collaboration orientée modèle » telles que présentées dans les travaux tel que Singh et al., Shafiq et al. ainsi que Wong et al. [31–33] qui ne parlent pas de « CDE ».

4.2 Une proposition de classification de CDE en cinq catégories

La littérature scientifique concernant les CDE est récente et le cadre conceptuel permettant de les appréhender est encore lacunaire. Deux articles scientifiques ont néanmoins amorcé le développement d'un tel cadre en comparant des CDE et en proposant des concepts pour les qualifier : Preidel et al. [2] et Bucher et Hall [8]. Nous avons rencontré une grande diversité de solutions présentées comme « CDE » dans la littérature et/ou par des éditeurs de logiciels. Nous proposons donc dans cette partie cinq catégories de CDE pour appréhender plus facilement cette hétérogénéité (voir fig. 3.) et pour compléter le cadre théorique lacunaire. Ces catégories n'ont néanmoins pas vocation à être exhaustives.

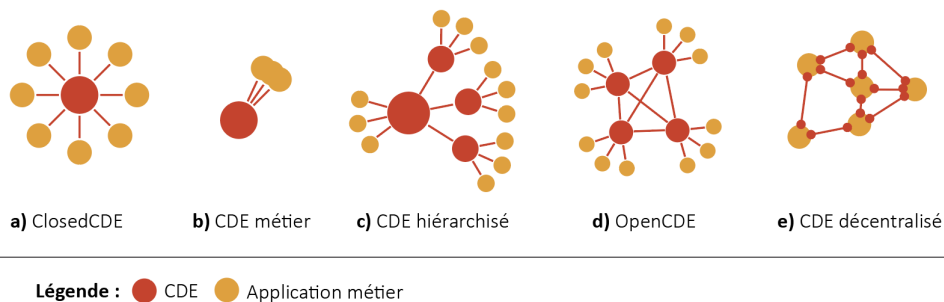


Figure 3. Représentation schématique des catégories de CDE proposées.

Le **ClosedCDE** (a, figure 3) est une plateforme proposée par un éditeur de logiciel. Elle favorise la connexion avec les applications métier de ce même éditeur par des protocoles d'échange ou des formats de fichiers parfois fermés et propriétaires. Il peut être difficile d'intégrer une application d'un autre éditeur dans ce type de plateforme. BIM 360 proposée par Autodesk et 3D Experience de Dassault Systèmes, évoquées précédemment, sont deux exemples de *ClosedCDE*. On peut néanmoins nuancer ce modèle sur deux points. D'une part, des auteurs comme [8] critiquent la dénomination de « *Closed* » parfois utilisée dans la littérature; ils préfèrent parler de dimensions d'interopérabilité pour qualifier les CDE plutôt que de les positionner dans une dichotomie « ouvert » ou « fermé ». D'autre part, les éditeurs des plateformes susmentionnées proposent de plus en plus de solutions d'intégration d'applications externes. Mais la notion de *Closed* n'est pas obsolète pour autant : elle porte en elle la possibilité pour un éditeur de restreindre l'accès à certains services ou applications. Les avantages et inconvénients de ce type de plateforme sont ceux du *ClosedBIM* : l'interopérabilité y est excellente lorsqu'on utilise plusieurs applications du même éditeur, mais est limitée avec d'autres applications. De plus, sa pérennité est incertaine car elle est dépendante de la stratégie de l'éditeur concerné.

Le **CDE métier** (b, figure 3) est une plateforme qui permet à des utilisateurs d'une même application (et souvent d'une même discipline et/ou organisation) d'échanger des informations de travail. *BIMcloud* est un service (présenté comme un CDE par Preidel et al. [2]). Il permet à plusieurs utilisateurs d'ArchicAD, un logiciel métier de modélisation BIM, de réaliser de l'édition collaborative synchrone de maquette numérique. Une application *desktop* et mobile du même éditeur (BIMx) permet aussi le partage, la gestion et la sauvegarde de vues extraites de la 3D, notamment vers des acteurs externes. *BIMcloud* est donc destiné aux firmes d'architecture et recoupe les fonctionnalités attribuées aux CDE, plutôt orientée « environnement de modélisation fédérée ». L'intérêt des CDE métier est d'offrir aux acteurs un espace interne dont ils gardent l'entière maîtrise et sur lequel ils déposent des données qu'ils ne souhaitent pas nécessairement partager. Les CDE métier sont également souvent un cas particulier de *ClosedCDE*.

Le **CDE hiérarchisé** (c, figure 3) correspond à un ensemble de services divisé en groupes spécialisés par phases du cycle de vie : conception, construction, exploitation. Ces groupes de services que nous appellerons **CDE spécialisés** ne sont pas nécessairement proposés par le même éditeur de logiciels. Ils sont capables d'échanger des informations avec un CDE central qui permet au maître d'ouvrage ou propriétaire de l'ouvrage de superviser les opérations. Le concept de CDE spécialisé est présent dans la littérature bien qu'il ne soit pas désigné de cette manière : on parle par exemple de *Design CDE* (spécialisés sur la phase de conception), de *Construction CDE* [26] ou d'*Operation CDE* [8,15]. Ainsi, l'AIM-CDE proposé par le groupe de travail BIM du gouvernement de

Grande-Bretagne [15] est un modèle de CDE hiérarchisé qui a vocation à supporter les activités des services de l'État en matière de projets de construction.

Un **OpenCDE** (*d*, figure 3) est un CDE proposé par un organisme industriel indépendant, une communauté, un État ou un éditeur de logiciel dont l'objectif premier n'est pas de favoriser l'interopérabilité entre ses propres applications. Un *OpenCDE* est basé sur des standards, préférablement ouverts. C'est ce type de CDE qui est décrit dans la norme DIN et l'API proposée par *buildingSmart International*. Parmi les exemples d'*OpenCDE*, on peut citer la plateforme Kroqi [34], développée par le gouvernement français en 2018 et proposée au départ comme un service public gratuit. Le développement de l'*OpenCDE* est très lié aux développements de protocoles standards et donc aux initiatives de normalisation.

Un **CDE décentralisé** (*e*, figure 3) est une plateforme qui permet à différentes applications d'échanger des flux de données en temps réel. Les données sont disponibles sur les machines des utilisateurs et les serveurs de la plateforme sont un lieu de transit : c'est ce qui vaut à ce type de CDE la dénomination de « décentralisé ». La plateforme Speckle est une solution open-source présentée comme un CDE « décentralisé » [24]. Elle permet d'échanger des données entre certains des logiciels et applications couramment utilisées dans la construction, notamment en phase de conception. Elle est composée d'un ensemble de connecteurs: un *sender* comme plugin d'un logiciel émetteur, un *receiver* intégré au logiciel destinataire, et un serveur qui fait le lien entre les deux. Speckle est le seul CDE décentralisé que nous ayons identifié mais ouvre des perspectives intéressantes. En effet, le paradigme de la centralisation des données et services trouve de plus en plus d'alternatives et suscite des critiques [24,35] : « traditionnellement, les systèmes de CAO et BIM sont des applications monolithiques. La promesse d'un seul logiciel qui porte toutes les tâches de conception et utilisé de la conception jusqu'à la fin du cycle de vie (...) pourrait ne pas être la meilleure solution. » [36].

Les cinq catégories proposées mettent en évidence la grande diversité des solutions de CDE présentées actuellement. Ces catégories différencient les CDE sur la base des **phases du cycle de vie couvertes** (une phase spécifique ou plusieurs phases), **l'étendue du groupe d'acteurs supporté** (intra-entreprises, inter-entreprises), la **répartition des services et données proposée** (centralisée, semi-centralisée, répartie), et la **nature de l'interopérabilité mise en œuvre** (fermée, ouverte). On peut tout à fait envisager de combiner les modèles de CDE décrits par ces catégories : un *ClosedCDE* ou un CDE métier pourraient par exemple être intégrés dans un CDE hiérarchisé; un CDE décentralisé pourrait communiquer avec un *OpenCDE*, etc.

5 Conclusion

Les environnements communs de données (CDE – *Common Data Environment*) sont des ensembles de services numériques (applications et infrastructure) qui permettent de stocker, gérer et échanger des données de natures variées sur tout ou partie du cycle de vie d'un ouvrage. Ils répondent à la difficulté de gérer des informations diversifiées et de coordonner les activités de gestion de l'information entre les nombreux acteurs qui interviennent tout au long de la vie d'un ouvrage.

Bien que la terminologie de « CDE » existe depuis 15 ans, on observe un intérêt récent et grandissant des communautés industrielle, académique et politique pour les CDE. Plusieurs initiatives récentes ont vocation à proposer des référentiels de spécifications qui définissent les fonctionnalités attendues des CDE. L'enjeu de telles initiatives est de fiabiliser les processus BIM en standardisant certains des outils qui les supportent. Elles ont vocation à garantir que les plateformes qui sont préconisées ou imposées dans les contrats

BIM rencontrent les exigences nécessaires à la bonne mise en œuvre des processus BIM. Cette standardisation des plateformes, vers laquelle on se dirige, est aussi un moyen pour le maître d'ouvrage public et gestionnaire de patrimoine qu'est l'État de mieux maîtriser les données qu'il récupère sur les bâtiments et infrastructures publiques dont il a la responsabilité. En tout état de cause, les initiatives qui proposent actuellement des référentiels de spécifications contribuent à dessiner les plateformes que les acteurs du secteur de la construction utiliseront demain.

Alors que ces initiatives de standardisation sont en cours, nous avons montré que les solutions de CDE actuellement disponibles sont très hétérogènes. Nous avons proposé cinq catégories permettant d'appréhender plus facilement leur diversité. Elles mettent en lumière plusieurs enjeux que les plateformes CDE et les référentiels devront considérer comme la capacité (ou incapacité) d'un même système à couvrir l'ensemble des phases du cycle de vie d'un ouvrage, la capacité d'un système à être un support d'échange mais aussi de production, ou encore la capacité d'un système à permettre à des applications de différents éditeurs à échanger des données de natures variées.

Les réflexions présentées sur les CDE marquent également un changement de paradigme dans le développement de l'interopérabilité BIM : on passe d'une interopérabilité de format (*OpenBIM* et format IFC) à une interopérabilité de protocoles d'échanges (*OpenCDE* et protocoles d'échange). Ce changement ouvre des possibilités encore peu exploitées dans la construction mais prometteuses, comme la décentralisation.

Références

1. C. Preidel, A. Borrmann, H. Mattern, M. König et S.-E. Schapke. Common Data Environment. *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Springer International Publishing. pp. 279-291 (2018) ISBN 978-3-319-92862-3
2. C. Preidel, A. Borrmann, C. Oberender et M. Tretheway. Seamless integration of common data environment access into BIM authoring applications: The BIM integration framework. In *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* (pp. 119-128). CRC Press (2017)
3. BSI. PAS 1192-2:2013; *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling* (2013)
4. ISO 19650-1:2018(fr), *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 1: Concepts et principes* (2018)
5. V. Singh. BIM Ecosystem Research: What, Why and How? Framing the Directions for a Holistic View of BIM. *Product Lifecycle Management for Digital Transformation of Industries*. Springer International Publishing. pp. 433-442. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. (2016) ISBN 978-3-319-54660-5.
6. B. Succar et E. Poirier. Lifecycle information transformation and exchange for delivering and managing digital and physical assets. *Automation in Construction*. Vol. 112, pp. 103090 (2020)
7. DIN SPEC 91391-1 ; *Common Data Environments (CDE) for BIM projects - Function sets and open data exchange between platforms of different vendors - Part 1: Components and function sets of a CDE; with digital attachment*. (2019a)

8. D. Bucher et D. Hall. Common Data Environment within the AEC Ecosystem: moving collaborative platforms beyond the open versus closed dichotomy. *EG-ICE 2020 Proceedings: Workshop on Intelligent Computing in Engineering*. (2020)
9. B. Spreen. *BIM 360 Docs & the new Autodesk Docs: the differences (3/6)*. (2021) <https://www.cadac.com/be-en/news/blog--bim-360-docs-the-new-autodesk--docs-the-differences/>
10. Autodesk. Construction Management Software | Autodesk BIM 360. BIM 360(2022) <https://www.autodesk.com/bim-360/>
11. Autodesk Canada. *Autodesk Docs : gestion facilitée des documents AIC / Environnement de données commun basé sur le nuage*. (2022) <https://www.autodesk.ca/fr/products/autodesk-docs/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
12. J. L. P. De Sa et P.H. Alfaro. Implementing Common Data Environments in Architectural Technology Studies. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations IV*. **205**, pp. 67 (2021)
13. P. Mayer, T. Funtik, J. Erdelyi, R. Honti et T. Cervosek. Assessing the Duration of the Lead Appointed Party Coordination Tasks and Evaluating the Appropriate Team Composition on BIM Projects. *Buildings*. **11**, n° 12, pp. 664 (2021)
14. BimWiki. *Common data environment CDE*. (2021) https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common_data_environment_CDE
15. A. Burgess, G. Tappenden et F. Moore. *UK Government BIM Working Group - CDE Sub Group - Asset Information Management. Common Data Environment : functional requirements*. (2018) <https://www.cdbb.cam.ac.uk/news/2018AugCDE>
16. DIN SPEC 91391-2 ; *Common Data Environments (CDE) for BIM projects - Function sets and open data exchange between platforms of different vendors - Part 2: Open data exchange with Common Data Environments* (2019b)
17. B. Klusmann, Z. Meng, N. Kremer, A. Meins-Becker et M. Helmus. BIM Based Information Delivery Controlling System. *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. pp. 215-222 (2020)
18. J. Demharter, S. Fuchs, S.-E. Schlapke et R.J. Scherer. Multimodell und Multimodellcontainer. *Informationssysteme im Bauwesen 1: Modelle, Methoden und Prozesse*. Berlin, Heidelberg : Springer. pp. 39-63. VDI-Buch (2014)
19. Senthivel, Madhumitha, Oraskari, Jyrki et Beetz, Jakob (2020). Common Data Environments for the Information Container for linked Document Delivery. *CEUR Workshop Proceedings*. RWTH Aachen University. 2020. pp. 1-14.
20. R.J. Scherer et S.-E. Schlapke. A distributed multi-model-based management information system for simulation and decision-making on construction projects. *Advanced Engineering Informatics*. **25**, n° 4, pp. 582-599.
21. BuildingSmart (2020). *OpenCDE-API*. <https://github.com/buildingSMART/OpenCDE-API> (2011)
22. bSFrance. *CDE : 3 groupes de travail chez bSFrance*. <https://buildingsmartfrance-mediaconstruct.fr/gt-cde-environnement-commun-donnees-bsfrance/> (2021)
23. Gouvernement du Québec. *Feuille de route gouvernementale pour la modélisation des données du bâtiment (2021-2026)*. Disponible à l'adresse :

- https://www.tresor.gouv.qc.ca/fileadmin/PDF/infrastructures_publicques/Feuille_route_gouvernementale_BIM.pdf (2021)
24. P. Poinet, D. Stefanescu et E. Papadonikolaki. Collaborative Workflows and Version Control Through Open-Source and Distributed Common Data Environment. *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. Springer. pp. 228-247 (2020)
 25. M. Stransky. Functions of common data environment supporting procurement of subcontractors. *Proc. Of the 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development* (2020)
 26. S. Ozkan et S. Seyis. Identification of Common Data Environment Functions During Construction Phase of BIM-based Projects. *Proc. of the Conference CIB W78*. pp. 11-15 (2021)
 27. 3DS.com. *La plate-forme 3DEXPERIENCE, une révolution pour les entreprises et l'innovation* Disponible à l'adresse : <https://www.3ds.com/fr/3dexperience> (2022)
 28. 3DS.com. *Bouygues Construction et Dassault Systèmes développent leur partenariat pour accélérer la transformation numérique dans le secteur de la construction*. Disponible à l'adresse : <https://www.3ds.com/fr/newsroom/press-releases/bouygues-construction-and-dassault-systemes-expand-their-partnership-speed-digital-transformation-construction-industry> (2021)
 29. A. Corallo, M.E. Latino, M. Lazoi, S. Lettera, M. Marra et S. Verardi. Defining product lifecycle management: A journey across features, definitions, and concepts. *International Scholarly Research Notices*. (2013)
 30. M. Maurino. *La gestion des données techniques: technologie du concurrent engineering*. Masson Paris (1995)
 31. V. Singh, N. Gu, et W. Wang, Xiangyu. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. *Automation in construction*. **20**, n° 2, pp. 134-144 (2011)
 32. M. T. Shafiq, J. Matthews et R. Stephen. A study of BIM collaboration requirements and available features in existing model collaboration systems. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. **18**, n° 8, pp. 148-161 (2013)
 33. J. Wong, X. Wang, H. Li, et G. Chan. A review of cloud-based BIM technology in the construction sector. *Journal of information technology in construction*. **19**, pp. 281-291 (2014)
 34. *KROQI - Bâtir avec le numérique*. https://www.kroqi.fr/static/docs/KROQI_fiche_presentation_juillet_2018.pdf (2018)
 35. J. Werbrouck, P. Pauwels, J. Beetz et L. Van Berlo. Towards a decentralised common data environment using linked building data and the solid ecosystem. *36th CIB W78 2019 Conference*. pp. 113-123 (2019)
 36. B. Peters et T. Peters. *Computing the environment: Digital design tools for simulation and visualisation of sustainable architecture*. John Wiley & Sons (2018)